

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIEE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

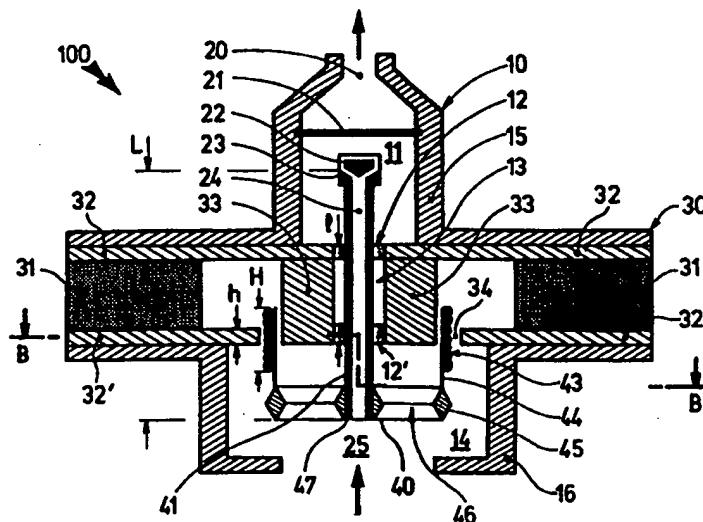
(51) Classification internationale des brevets <sup>6</sup> : F04B 17/04, H02K 33/18, F02M 51/04, 37/08, 69/04		A1	(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 99/28626</b>
			(43) Date de publication internationale: 10 juin 1999 (10.06.99)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR98/02583		(81) Etats désignés: AL, AM, AT, AU, AZ, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).	
(22) Date de dépôt international: 1er décembre 1998 (01.12.98)			
(30) Données relatives à la priorité: 97/15445 2 décembre 1997 (02.12.97) FR Non communiqué 30 novembre 1998 (30.11.98) FR			
(71) Déposant ( <i>pour tous les Etats désignés sauf US</i> ): SIMONIN S.A. [FR/FR]; 1, chemin des Romains, F-25720 Beure (FR).		Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i>	
(72) Inventeur; et			
(75) Inventeur/Déposant ( <i>US seulement</i> ): JACOBIAC, Claude [FR/FR]; 28, rue du Breuil, F-70000 Vesoul (FR).			
(74) Mandataire: BALLOT, Paul; Cabinet Ballot-Schmit, 5, avenue Elisée Cusenier, F-25000 Besançon (FR).			

(54) Title: PUMP ACTUATED BY AN ELECTRODYNAMIC TRANSDUCER AND METHOD FOR MAKING SUCH A PUMP

(54) Titre: POMPE ACTIONNÉE PAR UN TRANSDUCTEUR ELECTRODYNAMIQUE ET PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UNE TELLE POMPE

## (57) Abstract

The invention concerns a vacuum pump element with liquid discharge rate and pressure comprising means (21, 22) for forced circulation of the liquid by an electrodynamic transducer mobile in translation (40) consisting of a piston (41) engaged in an axial bore (13) of a fixed body (10), the latter comprising a magnetic circuit (30) with reduced air gap (34) and the mobile element comprising in particular an electric coil (43) fixed to at least a second part (41) to be controlled in reciprocating rectilinear displacement and engaged in the air gap so as to cause the mobile element to move in a reciprocating translation motion. The invention is characterised in that the mobile element (40) comprises a linking part (45) hydrodynamic in shape making the second part (41) integral with the coil (43).



## (57) Abrégé

Dispositif exhausteur à débit et pression de liquide comportant des moyens (21, 22) de circulation forcée du liquide formés par un transducteur électrodynamic comprenant un équipage mobile en translation (40) constitué par un piston (41) s'engageant dans un alésage axial (13) d'un corps fixe (10), ce dernier comportant un circuit magnétique (30) à entrefer réduit (34) et l'équipage mobile comportant notamment une bobine électrique (43) assujettie à au moins une seconde pièce (41) à commander en déplacement rectiligne alternatif et s'engageant dans l'entrefer de manière à mettre l'équipage en mouvement de translation alternatif, caractérisé en ce que l'équipage mobile (40) comporte une pièce de liaison (45) de forme hydrodynamique solidarisant la seconde pièce (41) et la bobine (43).

**UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

## POMPE ACTIONNÉE PAR UN TRANSDUCTEUR ELECTRODYNAMIQUE ET PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UNE TELLE POMPE

La présente invention concerne le domaine des systèmes à pression et débit de liquide et notamment les dispositifs exhausteurs de liquide comportant un transducteur électromécanique.

5 L'invention est destinée en particulier au pompage et à l'injection de carburant dans un moteur à combustion interne de véhicule automobile.

On connaît des pompes à carburant dans lesquelles un transducteur électromagnétique met en 10 mouvement rectiligne alternatif un piston tubulaire creux à travers lequel le carburant liquide est mis en circulation forcée.

Le document EP-B-0 605 903 décrit ainsi une pompe électromagnétique d'injection automobile dans 15 laquelle le corps de pompe comporte un bobinage électrique fixe et un alésage axial doté de billes antiretour. Un piston tubulaire aimanté disposé librement dans l'alésage est mis en mouvement par le flux magnétique alternatif du bobinage afin de 20 pomper du carburant à destination d'un injecteur.

Une telle pompe a l'inconvénient d'avoir une efficacité électromagnétique limitée (le champ magnétique rayonne en tous sens) et une inertie élevée.

25 Un autre inconvénient de cette pompe est l'impossibilité de moduler la pression et le volume élémentaire de carburant débité durant chaque cycle.

30 On connaît en outre des pompes cryogéniques à transducteur électromagnétique dans lequel il est prévu de mettre en mouvement rectiligne alternatif

un piston tubulaire dans une chemise de cylindre pour comprimer du gaz frigorifique dans une chambre de compression formée par la culasse du cylindre et pour refouler ensuite le gaz dans une chambre-réservoir reliée à un convecteur cryogénique.

De telles pompes ont cependant pour inconvénients d'être lourdes et encombrantes pour une faible puissance.

Un but de l'invention est de concevoir un dispositif d'exhaustion adapté au pompage de liquides sans les inconvénients précités.

Un but particulier de l'invention est de réaliser un dispositif d'exhaustion de carburant présentant un faible encombrement, une forte puissance et une grande souplesse de commande.

Succinctement, ces buts sont atteints selon l'invention en prévoyant un dispositif d'exhaure ayant un transducteur électrodynamique, c'est-à-dire ayant une bobine électrique mobile dans un circuit magnétique statique, la bobine étant disposée sur un équipage mobile léger comportant un piston apte à mettre le liquide en circulation. L'excitation électrique de la bobine met en mouvement alternatif l'équipage mobile et son piston. Cet équipage mobile est particulièrement léger, ce qui diminue avantageusement l'inertie de pompage. De plus, la structure de circuit magnétique proposée permet d'obtenir une efficacité électromagnétique élevée. En outre, la vitesse, la force et l'amplitude du mouvement du piston peuvent être commandés électriquement. De la sorte, on peut contrôler avantageusement le débit, la pression, voire le volume élémentaire de liquide mis en circulation.

A ces effets, l'invention concerne un dispositif exhausteur à débit et pression de liquide comportant des moyens de circulation forcée du liquide formés par un transducteur 5 électrodynamique comprenant un équipage mobile en translation constitué par un piston s'engageant dans un alésage axial d'un corps fixe, ce dernier comportant un circuit magnétique à entrefer réduit et l'équipage mobile comportant notamment une 10 bobine électrique assujettie à au moins une seconde pièce à commander en déplacement rectiligne alternatif et s'engageant dans l'entrefer de manière à mettre l'équipage en mouvement de translation alternatif, caractérisé en ce que 15 l'équipage mobile comporte une pièce de liaison de forme hydrodynamique solidarisant la seconde pièce et la bobine.

De façon alternative, l'équipage mobile peut comporter un piston colonne plein ou, de 20 préférence, un piston tubulaire creux. Le piston tubulaire peut comporter avantageusement un capillaire de section constante.

On peut prévoir que le piston s'engage dans un alésage non-traversant, en particulier si le piston 25 est plein. Mais de préférence, l'alésage axial est traversé par le piston, le piston ayant une longueur supérieure à l'alésage.

Il est prévu, de préférence, que le circuit magnétique s'étend transversalement à l'alésage 30 axial et que l'entrefer a une hauteur axiale inférieure à la bobine. De façon alternative, l'entrefer peut avoir une hauteur axiale nettement supérieure à la bobine, du moment que la bobine et l'entrefer ont une différence de hauteurs axiales

supérieure à la course axiale du piston, afin d'exercer une force électromotrice constante.

De préférence, le circuit magnétique comporte une pièce polaire centrale, un entrefer concentrique à champ magnétique transversal et/ou un noyau magnétique d'axe d'aimantation parallèle à l'alésage.

De façon avantageuse, l'invention prévoit que l'équipage mobile comporte une pièce de liaison de forme fonctionnelle mécaniquement, notamment de forme hydrodynamique, qui solidarise le piston et la bobine. La pièce de liaison est réalisée par injection, moulage et compression de matière. De préférence, la pièce de liaison rétreint le piston.

D'autres particularités et avantages du dispositif selon l'invention, notamment concernant la structure d'un gaveur et d'un injecteur de circuit de carburation, de chambres de refoulement et d'admission seront détaillés dans la description de modes de réalisation qui va suivre.

D'autre part, il est prévu un procédé de commande du dispositif selon l'invention, dans lequel une étape consiste à contrôler les signaux électriques de commande pour contrôler la circulation de liquide.

Il est prévu notamment un contrôle de l'intensité, de la tension, de la durée, de la fréquence et/ou de la forme des signaux de commande ainsi qu'un asservissement du débit de liquide à la commande, en asservissant par exemple le déplacement du piston.

L'invention concerne également d'une manière plus générale un procédé permettant l'assemblage

combinatoire transfonctionnel d'au moins deux éléments dont une bobine électrique.

Plus précisément, elle concerne un procédé de fabrication d'un transducteur électrodynamique, 5 notamment fluidique ou acoustique, comprenant un équipage mobile de faible inertie, constitué d'au moins deux pièces fonctionnelles solidaires l'une de l'autre et dont une première est une bobine électrique destinée à se déplacer sous l'effet d'un 10 champ magnétique et à laquelle est assujettie au moins une seconde pièce à commander en déplacement rectiligne alternatif.

De manière connue, ce type d'équipage mobile est destiné à équiper des transducteurs électrodynamiques fluidiques ou acoustiques, des 15 pompes à eau pour régulation hydraulique, des pompes à fioul ou à essence pour l'automobile y compris les pompes à injection, mais également des pompes électrodynamiques à usage domestique telles 20 que machines à café ou machines à laver, ou encore dans la fabrication des haut-parleurs.

Dans ce dernier cas, l'assemblage des différents éléments constitutifs entre eux sont obtenus à l'heure actuelle par collage de la bobine 25 à différentes pièces dont une membrane, un élément de centrage de la bobine servant également de moyen de rappel dénommé "speeder", et un dôme de protection anti-poussière.

La fabrication d'un tel dispositif est longue 30 car il faut un certain temps de séchage de la colle, de plus cette fabrication est généralement manuelle et d'une qualité aléatoire au niveau des positionnements et des équilibrages dynamiques, car la masse de colle n'est pas uniforme, ce qui

conduit à un prix coûteux de par la multiplicité des opérations et du temps d'assemblage.

Dans un autre domaine d'application tel qu'énoncé ci-dessus, c'est-à-dire celui des pompes, il est recherché plus particulièrement d'obtenir un équipage mobile très léger permettant également une automatisation du système de production pour une fabrication économique.

Il est surtout recherché dans ce dernier domaine d'application une précision géométrique et dimensionnelle pour un positionnement parfait des éléments entre eux.

Bien entendu, l'invention s'applique à tous autres types de dispositifs que ceux énoncés ci-dessus, à partir du moment où ils comprennent un transducteur électrodynamique muni d'un équipage mobile.

A cet effet, l'invention concerne donc également un procédé de fabrication de l'équipage mobile précité se caractérisant en ce que l'assemblage de la bobine et de la seconde pièce, par exemple le piston, s'effectue par l'intermédiaire d'un élément de liaison commun réalisé à partir d'une matière synthétique et constituant une troisième pièce fonctionnelle d'assemblage en vue d'une seule opération permettant un assemblage combinatoire transfonctionnel.

Selon une autre caractéristique de ce procédé, l'élément de liaison constituant la troisième pièce fonctionnelle est réalisé par injection de matière dans une empreinte d'un moule, par moulage ou par tout moyen de mise en oeuvre de matière synthétique, élément duquel est issu d'une part un

support de la bobine électrique constituant la première pièce, et d'autre part l'élément coaxial à commander constituant la seconde pièce.

5 L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description et des dessins ci-après, donnés uniquement à titre d'exemples non limitatifs. Sur les dessins annexés:

10 - la figure 1A représente une vue en coupe longitudinale de dispositif exhausteur de liquide selon un premier mode de réalisation de l'invention,

15 - la figure 1B représente une vue en coupe transversale du dispositif de la figure 1A selon la ligne de coupe B-B,

20 - la figure 2 représente une vue en coupe longitudinale d'un dispositif fermé poussant selon un deuxième mode de réalisation de l'invention,

25 - la figure 3 représente une vue en coupe longitudinale d'un dispositif fermé tirant selon un troisième mode de réalisation de l'invention,

30 - la figure 4 représente une vue en coupe longitudinale d'un quatrième mode de réalisation de dispositif selon l'invention, qui est une variante du dispositif fermé tirant de la figure 3,

25 - la figure 5 représente une vue en coupe longitudinale d'un dispositif fermé poussant avec chambre d'admission et chambre de refoulement à injecteur selon un cinquième mode de réalisation de l'invention,

30 - la figure 6 représente une vue en coupe longitudinale d'un dispositif ouvert tirant selon un septième mode de réalisation de l'invention,

- la figure 7 représente une vue en coupe longitudinale d'un dispositif ouvert à deux

chambres de refoulement et à admission centrale selon un septième mode de réalisation de l'invention,

5 - les figures 8A, 8B, 8C et 8D illustrent schématiquement des phases d'amorçage et de pompage d'un dispositif exhausteur de liquide selon l'invention,

10 - la figure 9 représente des vues de détails de réalisation d'un équipage mobile de dispositif selon l'invention, la figure 9A représentant une vue en coupe longitudinale, la figure 9B représentant une vue en coupe transversale,

15 - la figure 10 représente un premier exemple d'application de dispositif selon l'invention à un circuit de carburation automobile, et

- la figure 11 représente un second exemple d'application de dispositif selon l'invention à un circuit de carburation automobile.

20 - la figure 12 est une vue en bout d'un équipage mobile d'un transducteur électrodynamique fluidique selon l'invention.

- la figure 13 est une vue en coupe selon la ligne XIII.XIII de la figure 12.

25 - la figure 14 est une vue en coupe longitudinale d'un moule pour la mise en oeuvre d'un procédé selon l'invention pour l'obtention d'un équipage mobile selon un premier mode de réalisation appliquée aux pompes.

30 - la figure 15 est une vue en coupe longitudinale d'un moule pour la mise en oeuvre d'un procédé selon l'invention pour l'obtention d'un équipage mobile selon un second mode de réalisation appliquée aux pompes.

- la figure 16 est une vue en coupe longitudinale d'un moule pour la mise en oeuvre d'un procédé selon l'invention pour l'obtention d'un équipage mobile selon un troisième mode de réalisation appliquée aux pompes.

5 - la figure 17 est une vue en coupe longitudinale d'un moule pour la mise en oeuvre d'un procédé selon l'invention pour l'obtention d'un équipage mobile selon un quatrième mode de réalisation appliquée aux pompes.

10 - la figure 18 est une vue en coupe longitudinale d'un équipage mobile selon une variante de réalisation de la figure 17.

- la figure 19 est une vue en bout d'un 15 équipage mobile selon la figure 18.

- les figures 20 à 25 sont des variantes de réalisation montrant le renforcement de la solidarisation d'un piston avec l'élément de liaison.

20 - la figure 26 est une vue en coupe longitudinale d'un moule pour la mise en oeuvre d'un procédé selon l'invention pour l'obtention d'un équipage mobile selon un premier mode de réalisation appliquée à un haut-parleur.

25 - la figure 27 est une vue en coupe longitudinale d'un moule pour la mise en oeuvre d'un procédé selon l'invention pour l'obtention d'un équipage mobile selon un second mode de réalisation appliquée à un haut-parleur.

30 Par dispositif exhausteur de liquide, on entend dans la présente un système à pression et débit de liquide permettant de mettre en circulation le liquide à une pression ou à un niveau plus élevé. Le dispositif peut, par exemple, remplir les

fonctions de pompe d'exhaure de réservoir de carburant, de gaveur surpresseur en ligne de l'alimentation aux injecteurs ou même directement d'injecteur-pompe volumique de moteur automobile.

5 La figure 1 montre un mode de réalisation simplifié de dispositif selon l'invention. On voit que le dispositif comporte un corps 10 fixe constitué principalement d'un transducteur électrique 30 s'étendant transversalement à la 10 direction de circulation du liquide, représentée par des flèches sur les figures. Le dispositif comporte accessoirement une zone ou chambre 14 d'admission du liquide et une zone ou chambre 11 de 15 refoulement du liquide qui peuvent faire l'objet de multiples modes de réalisations dont certains seront détaillés à titre exemplatif par la suite.

Un transducteur électromécanique est de façon générale un système convertissant une commande électrique en un phénomène mécanique de type 20 mouvement vibratoire, onde de pression ou circulation de fluide.

25 Suivant l'invention, le transducteur est utilisé simplement pour générer un mouvement rectiligne alternatif d'un équipage mobile afin de donner au liquide un mouvement positif.

Parmi les transducteurs électromécaniques, on distingue des transducteurs électromagnétiques et des transducteurs électrodynamiques.

30 Les transducteurs électromagnétiques comportent un noyau magnétique mobile dans un circuit inducteur fixe qui génère un flux magnétique alternatif. Un exemple de transducteur électromagnétique appliqué au pompage est décrit dans le brevet EP-B-0 605 903. Dans cette pompe

électromagnétique, le noyau magnétique est constitué par un piston tubulaire mobile doté de plusieurs aimants permanents. Le piston est mis en mouvement par un circuit inducteur fixe comportant 5 des bobinages électriques inducteurs.

Inversement, dans un transducteur électrodynamique, la partie mobile comporte une ou 10 des bobines électriques légères au lieu d'aimants. La bobine s'engage dans un circuit magnétique 15 inducteur fixe qui fournit un flux magnétique statique. Le circuit magnétique fixe est de préférence doté d'un noyau magnétique permanent, formé d'aimants par exemple. Mais, en variante, on peut remplacer de tels aimants par des bobinages électriques inducteurs. Une telle variante permet 20 avantageusement de moduler le flux magnétique statique et de modifier les paramètres de fonctionnement du dispositif.

Il convient de bien distinguer les éventuels 25 enroulements électriques de la partie fixe (stator) des enroulements électriques de la partie mobile. Ici, et par la suite, les enroulements électriques fixes sont appelés "bobinages inducteurs", tandis que les enroulements électriques de la partie 30 mobiles sont appelés "bobines d'induit" car ils subissent les forces électro-motrices.

Selon une particularité essentielle de l'invention, le dispositif 10 comporte ainsi un transducteur 30 électrodynamique, le corps 10 fixe 35 comportant un circuit magnétique à entrefer qui coopère avec un équipage 40 mobile comportant une bobine d'induit 43.

Un avantage du transducteur électrodynamique est la légèreté de l'équipage mobile qui limite

l'inertie du dispositif et permet d'effectuer une commande de pompage rapide, précise et pouvant atteindre des fréquences élevées avec des impulsions électriques appropriées.

5 On peut prévoir que l'équipage mobile comporte un piston plein pénétrant dans une chambre de pompage comportant une entrée et une sortie. Ceci permet de disposer le piston et la chambre d'un seul côté du transducteur.

10 Il est prévu de préférence que l'équipage mobile 40 comporte un piston 41 tubulaire creux s'engageant dans un alésage 13 axial du corps 10 fixe. La circulation du liquide peut ainsi avantageusement se faire de façon rectiligne et 15 sans turbulence.

De préférence l'alésage 13 axial traverse le corps 10 fixe et le piston 41 tubulaire creux traverse totalement l'alésage 13. Dans le mode de réalisation illustré figure 1, on voit ainsi qu'une 20 extrémité 47 du piston 41 est disposée dans une chambre d'admission 14 située d'un côté du transducteur 30, l'autre extrémité 23 du piston 41 débouchant dans une chambre de refoulement 11 située de l'autre côté du transducteur 30.

25 En fonctionnement, le liquide contenu dans la chambre 14 pénètre à l'intérieur du piston 41 tubulaire creux par l'extrémité 47. Lorsque le piston 41 de l'ensemble mobile 40 est mis en mouvement rectiligne alternatif, le liquide circule 30 au creux 24 du piston 41 en direction de l'autre extrémité 23 du piston.

Il est prévu des moyens de circulation forcée tel qu'un clapet 22 disposé à l'extrémité 23 du tube du piston, pour contraindre le liquide à se

déplacer dans un seul sens lors du mouvement alternatif du piston 41.

Le clapet 22 est généralement de forme conique, le bord de l'extrémité 23 du piston ayant une forme de siège conique complémentaire. Sur la figure 6, on voit une réalisation particulière de clapet de forme sphéro-conique, c'est-à-dire constitué d'une portion de sphère surmontée d'un pointeau conique, l'intérieur de la sphère étant lui-même évidé pour laisser un creux conique. La forme du clapet 22 est ainsi adaptée pour présenter une faible résistance hydraulique et une bonne étanchéité.

La figure 8 illustre des phases dynamiques de mouvement du piston et de circulation du liquide. Les figures 8A et 8B montrent schématiquement des phases d'amorçage de dispositif selon l'invention (rempli d'air au lieu de liquide) dans un cas idéal où le dispositif ne comporte pas d'organe de sortie gênant l'expulsion de l'air. Les figures 8C et 8D montrent le fonctionnement du dispositif une fois amorcé, c'est-à-dire rempli de liquide.

Lors d'une phase rapide de mouvement aller du piston, c'est-à-dire dans le sens chambre 14 d'admission - chambre 11 de refoulement (figure 8D), le clapet 22 est fermé par inertie mais aussi à cause de la surpression  $P$  régnant dans la chambre 11 de refoulement et de la dépression  $p$  régnant dans la chambre d'admission 14. La colonne de liquide, incompressible par nature, contenue au creux 24 du piston suit donc le même mouvement que le piston vers la chambre 11 de refoulement.

Lors d'une phase de mouvement retour du piston (figure 8C), dans le sens chambre 11 de refoulement - chambre 14, le clapet 22 s'ouvre par inertie

5 propre et par conservation du mouvement aller du liquide contenu au creux 24 du piston tubulaire. Le liquide remplit donc la chambre 11 de refoulement, et vient occuper naturellement le volume abandonné par le piston dans la chambre 11 de refoulement.

La circulation se fait donc sensiblement sans turbulence du liquide en translation.

10 Lors d'une prochaine phase aller, le clapet 22 étant à nouveau fermé, le liquide incompressible contenu dans la chambre 11 est chassé vers l'extérieur 20 de la chambre 11 par l'augmentation du volume occupé par le piston dans la chambre 11.

15 On peut constater ainsi que le mouvement de l'équipage mobile dans un sens aller met une colonne de liquide en translation dans le même sens, sensiblement sans turbulence du liquide, et que le mouvement de l'équipage mobile dans un sens retour opposé laisse la colonne de liquide sensiblement sans mouvement.

20 Les figures 1 à 7, montrent que la chambre 11 de refoulement peut avoir un volume propre nettement supérieur au volume de la chambre occupable par le piston. Ainsi la chambre peut servir de réservoir de liquide sous pression.

25 Cependant, si le dispositif selon l'invention doit être auto-amorçable et si la chambre 11 comporte un organe 21 de sortie taré à une pression élevée, il est préférable, alternativement, de réduire le volume propre de la chambre, c'est-à-30 dire le volume de la chambre 11 que le piston ne peut pas occuper. Le rapport du volume occupable par le piston au volume propre de la chambre doit alors correspondre à la pression nominale d'ouverture de l'organe de sortie. Ainsi l'air

présent dans le dispositif désamorcé peut être suffisamment comprimé pour être chassé de la chambre 11 de refoulement et amorcer une dépression dans la chambre 11 lors du retour du piston. Il est 5 entendu que pour être amorcé sous une pression élevée, le dispositif selon l'invention doit comporter de préférence deux clapets 21 et 22 fermant alternativement l'entrée et la sortie de la chambre 11. Une autre mesure peut consister à 10 prévoir une impulsion électrique d'auto-amorçage suffisante pour chasser l'air contenu par le dispositif exhausteur.

Le volume de liquide mis en circulation correspond exactement à la variation de volume de 15 la chambre occupée par le piston lors d'un aller-retour. Ce volume correspond sensiblement au produit de la surface de section transversale du piston par la longueur de la course C du piston.

Un avantage du dispositif selon l'invention est 20 le dosage précis du volume de liquide refoulé à chaque aller-retour du piston.

Dans une mise en oeuvre simple du dispositif selon l'invention, l'ensemble mobile 40 et le piston 41 se déplacent entre deux butées 25 constituées par exemple par un noyau central 33 du transducteur et par les parois 16 d'une chambre 14 d'admission. Le volume de liquide refoulé correspond donc sensiblement au produit de la section du piston par la distance séparant les butées. Il convient alors d'appliquer une commande 30 électrique ayant une amplitude suffisante pour amener le piston en butées. Dans une telle mise en oeuvre, le volume refoulé est fixe.

De façon alternative, l'invention prévoit un procédé de commande avantageux, dans lequel l'amplitude du mouvement du piston est modulée en modulant les paramètres des signaux électriques de commande appliqués au dispositif.

En effet, une modulation de l'amplitude des signaux appliqués au transducteur électrodynamique 30 permet une modulation des mouvements de l'ensemble mobile 40 et de son piston 41.

Ainsi, la circulation du liquide est modifiée en agissant sur les paramètres suivants des signaux électriques de commande:

- l'intensité du signal influe sur la pression du liquide,

- la tension du signal influe sur le débit du liquide,

- la durée d'une impulsion de commande influe sur le volume élémentaire de liquide refoulé,

- la fréquence des impulsions de commande influe sur la cadence et le volume global de liquide refoulé, et

- la forme d'une impulsion (forme d'onde) permet de faire varier les lois de débit, de pression de chaque volume élémentaire de liquide refoulé.

De façon avantageuse, on peut ainsi commander la cadence, l'instant et la durée d'injection de carburant et adapter l'approvisionnement aux besoins ou à la consommation prévue.

En outre il est avantageux de prévoir un asservissement de la circulation de liquide à la commande, en prévoyant qu'un capteur électrique mesure un phénomène mécanique résultant du fonctionnement du dispositif, tel qu'une mesure du

déplacement du piston, une mesure de débit ou de pression de liquide en aval du dispositif. En comparant la grandeur électrique mesurée à la grandeur électrique de commande, on peut élaborer 5 une contre-réaction d'asservissement.

La mise au point d'un générateur de signaux permettant de tels contrôles des paramètres de commande et/ou un asservissement est à la portée de l'homme de l'art.

10 Après cet exposé du fonctionnement du dispositif, d'autres variantes et particularités de structure du dispositif exhausteur selon l'invention vont maintenant être détaillées.

La structure de transducteur 30  
15 électrodynamique comporte plus précisément un circuit magnétique 31, 32, 32', 33 à entrefer 34 dans lequel s'engage la bobine 43 électrique cylindrique enroulée sur un support 44 cylindrique de l'ensemble mobile 40.

20 La bobine 43 d'induit a de préférence une basse impédance. Par exemple, si l'alimentation électrique a un potentiel de 12 Volts, comme en électricité automobile, l'impédance de la bobine d'induit est de l'ordre de quelques Ohms. Notons 25 qu'un potentiel continu de 12 Volts permet avantageusement d'obtenir un flux magnétique important pour un encombrement réduit.

La figure 1 montre que le support 44 et la bobine 43 sont de préférence des cylindres de révolution. On peut prévoir aussi que le support et 30 la bobine ne sont pas circulaires mais, par exemple carrés, rectangulaire, hexagonaux ou autre. Toutefois, le support et la bobine d'induit restent cylindriques au sens strict, c'est-à-dire que leur

section circulaire ou non-circulaire, est constante par translation le long d'un axe, représenté ici par l'axe de l'alésage. Ainsi, quand le piston 41 se déplace dans l'alésage 13, les parties de support 44 et de bobine 43 présentes dans l'entrefer 34 sont invariantes, comme visible figure 1B. Il est préférable que la pièce polaire 33 présente une forme apte à coopérer avec la forme du support 44 et de la bobine, par exemple une forme cylindrique de révolution, à section carrée, rectangulaire, hexagonale ou autre. L'entrefer 34 a alors des limites de forme correspondante, par exemple des bords carrés etc, les bords étant de préférence concentriques de sorte que le champ magnétique traverse sensiblement orthogonalement les spires de la bobine 43 d'induit.

La figure 1A montre que le circuit magnétique 30 comporte un noyau 31 magnétique permanent de révolution. L'axe N-S d'aimantation nord-sud du noyau est de préférence parallèle à l'axe de révolution. Un pôle S, par exemple le pôle sud, est accolé à une plaque de champ 32' en forme de rondelle et l'autre pôle N est accolé à une plaque de champ 32 en forme de disque. La plaque 32 est elle-même en contact avec une pièce polaire 33 cylindrique et concentrique avec le noyau 31.

Le circuit magnétique 30 peut être formé d'un corps 32,33 monobloc, ce qui évite les fuites magnétiques.

On obtient finalement comme visible figure 1B un entrefer 34 concentrique dans lequel est présent un champ magnétique radial, ou plus généralement transversal à l'axe de l'alésage.

Un avantage d'une telle structure de circuit magnétique est que l'entrefer 34 peut avoir une largeur  $e$  très faible et présenter une induction magnétique élevée et régulière.

5 En outre, l'entrefer 34 a, de préférence, une hauteur  $h$  axiale faible de sorte que le volume d'entrefer 34 réduit présente une induction magnétique intense. Un avantage d'une telle disposition est l'efficacité électromagnétique 10 élevée du transducteur. Un autre avantage est que le circuit magnétique 30 a alors un encombrement réduit.

Dans ce cas, la bobine d'induit 43 a de préférence une hauteur  $H$  de spires élevée de sorte 15 que le nombre de spires présentes dans l'entrefer est invariant quelle que soit la position en translation de l'ensemble mobile. Ainsi, la force électromotrice qui s'exerce sur la bobine 43 et sur l'équipage mobile 40 est sensiblement constante, 20 c'est-à-dire ne dépend pas de la position de l'équipage. En effet, la force électromotrice dépend simplement de la longueur de fil présente dans l'entrefer, de l'intensité du courant électrique dans le fil et, d'autre part, de 25 l'induction du circuit magnétique statique. De préférence donc, l'entrefer 34 a une hauteur  $h$  axiale inférieure à la hauteur  $H$  de la bobine 43.

Inversement, on peut prévoir que l'entrefer a 30 une hauteur axiale importante et que la bobine d'induit a une hauteur de spire réduite, de sorte que toutes les spires de la bobine sont présentes dans l'entrefer quelle que soit la position de l'ensemble mobile. L'efficacité électromagnétique est encore élevée et la force électromotrice est

également constante puisque la longueur de fil présente dans l'entrefer ne varie pas. De façon générale donc, il est prévu que la bobine d'induit et l'entrefer ont une différence de hauteurs 5 axiales supérieure à la course  $C$  axiale de l'ensemble mobile.

Dans le cas où l'entrefer a une hauteur  $h$  inférieure à la hauteur  $H$  de la bobine, la formulation mathématique est la suivante :

10 
$$H - h > C$$

Dans le cas où l'entrefer a une hauteur  $h$  supérieure à la hauteur  $H$  de la bobine, la formulation est la suivante :

$$h - H > C$$

15 En prenant soin de donner à l'ensemble mobile 40 une longueur de course  $C$  inférieure à la différence de hauteurs de bobine et d'entrefer, on peut faire en sorte que la force appliquée sur l'ensemble mobile 40 soit constante, pourvu que le 20 courant d'excitation traversant la bobine 43 ait une valeur fixe. En conséquence, la pression de refoulement du liquide est avantageusement 25 constante. Un autre avantage est que le déplacement de l'ensemble mobile 40 et du piston 41 est alors sensiblement linéaire en fonction de la durée des impulsions d'excitation.

30 On note que la force électromotrice appliquée à l'ensemble mobile 40 est proportionnelle à l'intensité du courant électrique qui traverse les spires de bobine 43 d'induit.

Par conséquent, la différence des pressions  $P-p$  de liquide entre la chambre de refoulement 11 et la chambre d'admission 14 dépend directement de l'intensité des signaux électriques de commande.

Selon l'invention, il est ainsi prévu un procédé de commande de dispositif selon l'invention dans lequel il est prévu un contrôle d'intensité des signaux électriques afin de contrôler la 5 pression de circulation du liquide.

Le contrôle de pression de liquide obtenu par un tel procédé est particulièrement avantageux dans une application du dispositif à l'injection automobile de carburant.

10 L'alésage 13 prévu pour l'engagement du piston 41 tubulaire est de préférence pratiqué au centre de la pièce polaire 33 du circuit magnétique de transducteur 30. L'alésage est de préférence traversant et des paliers 12 et 12' de guidage et 15 d'étanchéité du piston peuvent être disposés aux débouchés de l'alésage 13. Les paliers ou bagues de guidage sont de préférence au nombre de deux pour conserver l'isostatisme en déplacement du piston 41.

20 Notons encore que le piston 41 a de préférence une longueur L longitudinale nettement supérieure à la longueur l de l'alésage 13 de façon à pénétrer suffisamment dans chaque chambre 11, 14 et permettre une course de piston 41 suffisamment 25 longue.

La réalisation du piston 41 est de préférence effectuée à partir d'un matériau léger et résistant à la pression, comme un métal non ferromagnétique, une matière plastique armée ou une matière 30 composite ou synthétique.

La réalisation de l'ensemble mobile 40 est effectuée notamment en enroulant un fil électrique adéquat sur le support 44 cylindrique, en prévoyant

éventuellement des enroulements internes et externes sur le support 44.

Enfin, le support 44 de bobine 43 et le piston sont solidarisés par une pièce de liaison 45 réalisée de préférence par injection, moulage et compression de matière. De préférence, on donne à la pièce de liaison 45 une forme hydrodynamique comme visible sur les vues en profil et de dessus des figures 1A et 1B. La forme hydrodynamique limite avantageusement l'inertie et la viscosité s'opposant aux mouvements de l'ensemble mobile 40. Il est notamment prévu selon l'invention que la quantité de matière liant les deux éléments, jointe à l'action de la pression permet de rétreindre le piston, c'est-à-dire de diminuer localement son diamètre pour former une fixation solide.

Comme visible sur la figure 1A, il est prévu de préférence que la chambre de refoulement 11 comporte un organe 21 de sortie servant de moyen de circulation forcée, tel qu'un clapet, une valve ou une soupape. La présence de l'organe 21 de sortie évite que le liquide chassé de la chambre 11 par le mouvement aller du piston 41 ne revienne dans la chambre lors du mouvement retour et bloque le clapet 22 lorsque la pression  $P_0$  de sortie du liquide est élevée. La présence de deux clapets 21 et 22 anti-retour permet ainsi d'atteindre une pression  $P$  de refoulement élevée.

De plus, l'organe de sortie 21 peut avantageusement être taré en pression afin de maintenir un niveau déterminé de pression en aval du dispositif. On peut prévoir ainsi que la chambre 11 de refoulement comporte une soupape 21 tarée en pression  $P_0$ . Une telle disposition permet par

exemple que le liquide circulant en aval soit soumis à une pression  $P_0$  élevée.

De façon alternative, on peut prévoir que l'organe 21 de sortie est un ajutage permettant de vaporiser le liquide, notamment du carburant, si le circuit aval est dépressurisé, la seule différence de pression  $P$  régnant dans la chambre et de pression  $p_0$  régnant dans le circuit aval suffisant à pulvériser le liquide sous forme de vapeur ou d'aérosol.

D'autres moyens de vaporisation peuvent être prévus, tels qu'une pièce faisant fonction d'injecteur ou de gicleur, comme schématisé figure 5. De multiples dispositifs d'injection et de contrôle d'ajutage, en particulier permettant de faire évoluer la dynamique du jet de liquide en fonction de la pression, sont connus de l'homme de l'art et peuvent être mis en oeuvre sans sortir du cadre de la présente invention.

Une particularité du dispositif selon l'invention est cependant de pouvoir fonctionner avec un seul clapet 22 si le différentiel de pressions  $P_0-p_i$  en sortie et en entrée est faible ou inexistant.

De façon avantageuse, le dispositif selon l'invention est naturellement amorçable lorsque la pression de sortie est faible.

Des modes de réalisations de dispositif exhausteur selon l'invention vont maintenant être décrits en précisant les compléments et variantes apportés au mode de réalisation simple de la figure 1.

On aura noté que dans le mode de réalisation le plus simple, le piston comporte juste une partie

distale 23 pénétrant dans une chambre de refoulement et une autre partie aspirant le liquide, le piston traversant une paroi 17 de chambre de refoulement au niveau d'un alésage 12.

5 La figure 2 montre un deuxième mode de réalisation désigné sous l'appellation de gaveur fermé poussant. Il comporte en effet une chambre de refoulement 11 et une chambre d'admission 14 adjacentes à chaque plaque de champ 32 et 32' du 10 transducteur central 30. La bobine 43 d'induit est disposée côté admission donc de façon à pousser le piston 41. Les chambres 11 et 14 ont donc une paroi délimitée par le circuit 30 magnétique du corps 10 du dispositif et par un palier 12 d'étanchéité 15 disposé dans l'alésage 13 axial du corps du dispositif.

La chambre d'admission 14, facultative dans le premier mode de réalisation, est cette fois délimitée par une crête 26 pour filtrer 20 d'éventuelles impuretés du liquide. Le piston 41 comporte alors deux parties distales pénétrant respectivement dans une chambre 11 de refoulement et une chambre 14 d'admission.

De plus, le gaveur fermé poussant de la figure 25 2 comporte des ressorts 50 et 51 accumulant de l'énergie lors du mouvement aller du piston. De tels moyens de rappel 50 et 51 restituent l'énergie accumulée pour provoquer le mouvement retour du piston.

30 Dans ce cas, en position de repos, l'équipage mobile vient s'appuyer contre la butée 53. Il suffit alors d'appliquer une impulsion positive (c'est-à-dire ayant conventionnellement une polarité positive) pour que le piston 41 fasse un

mouvement aller. La fin de l'impulsion provoque le mouvement retour du piston. La butée 53 et le ressort 50 ou 51 permettent avantageusement de définir une origine pour contrôler les mouvements du piston.

Un autre avantage de la présence de moyens de rappel est de supprimer la nécessité d'une impulsion négative de retour du piston et de simplifier l'alimentation électrique du dispositif.

10 Une telle disposition est particulièrement avantageuse dans les cas où l'on ne dispose pas d'alimentation électrique tripolaire (alimentations dites symétriques avec trois bornes : positive, neutre et négative), ce qui est le cas sur une automobile.

De façon alternative, comme visible figure 3, on peut prévoir que les moyens de rappel 50 et 51 accumulent de l'énergie mécanique lors du mouvement retour du piston 41 (énergie qui serait dissipée 20 inutilement en l'absence de moyens de rappel) et restituent l'énergie lors du mouvement aller. Ceci permet d'appliquer une force plus élevée au piston, donc d'accroître la pression de refoulement du liquide. Un avantage d'une telle disposition de moyens de rappel est de permettre de multiplier le niveau de la pression  $P_0$  de sortie que l'on peut 25 obtenir avec une alimentation électrique de puissance limitée.

Un autre rôle des moyens de rappel est de 30 limiter l'amplitude de déplacement du piston en fonction de la puissance de la commande électrique.

La force de rappel exercée par le ressort 50 augmente en effet linéairement avec le déplacement du piston. L'amplitude de déplacement du piston est

alors limitée par la force électromagnétique appliquée, c'est-à-dire par la tension de commande appliquée à la bobine d'induit. En modifiant la valeur de la tension des impulsions de commande, on 5 modifie donc le volume de liquide refoulé dans la chambre de refoulement à chaque impulsion. On réalise ainsi un dosage précis du volume de liquide mis en circulation à chaque impulsion.

On peut prévoir comme visible sur la figure 2 10 qu'un ressort 51 de rappel est de forme conique pour que la force de rappel varie exponentiellement. En variante, on peut envisager que les moyens de rappel sont formés par un ressort pneumatique de type ballon ou chambre gonflé par un 15 gaz.

La figure 2 montre encore que la bobine 43 d'induit est alimentée par deux fils 52 et 52' flottants dans la chambre d'admission.

La figure 3 illustre un troisième mode de 20 réalisation de dispositif selon l'invention désigné sous l'appellation de gaveur fermé tirant. A la différence du deuxième mode de réalisation, l'ensemble mobile 45 et la bobine 43 sont disposés du côté de la chambre 11 de refoulement de façon à 25 tirer le piston 41.

La figure 4 illustre un quatrième mode de réalisation dans lequel des moyens de rappel 50, 51 et 50', 51' en opposition sont prévus.

A la différence des précédents modes de 30 réalisation, un ressort 50' est disposé de façon symétrique au ressort de rappel 50 pour que le piston ait une position de repos intermédiaire entre les butées. Deux ressorts coniques 51 et 51'

peuvent aussi prendre appui de façon symétrique sur la pièce de liaison 45 de l'ensemble mobile.

Un avantage des moyens de rappel en opposition est que le piston a une position de repos centrale 5 et peut être commandée indistinctement dans un sens aller ou dans un sens retour.

Un autre avantage de ce quatrième mode de réalisation est l'apparition d'un phénomène de résonnance. Les moyens de rappel ont en effet une 10 fréquence de résonnance pour laquelle l'amplitude de déplacement du piston et le volume dosé seront maximaux. Cette disposition est intéressante pour obtenir un débit fixe.

La figure 5 illustre un cinquième mode de 15 réalisation, concernant un gaveur fermé poussant, proche de celui de la figure 2, mais particulièrement destiné à l'injection automobile. Le gaveur comporte une chambre de refoulement 11 connectée à un système de vaporisation 15 20 permettant l'injection de carburant. Un tel système d'injection peut avoir des caractéristiques de pression et de circulation de liquide adaptées au régime de carburation du moteur. Il peut comporter une soupape 21 tarée en pression  $P_0$ . Le dispositif 25 selon l'invention permet d'atteindre une pression  $P$  de refoulement de carburant liquide suffisante par rapport à cette pression minimum  $P_0$ . De plus, le procédé de commande du dispositif selon l'invention permet avantageusement de contrôler la pression  $P$  30 de refoulement et de maîtriser le débit, donc la consommation de carburant.

Notons en particulier que le calibrage précis des impulsions de commande permet de contrôler à la fois l'instant, le volume et la pression

d'injection de carburant dans une zone de mélange et par suite dans une chambre de combustion d'un moteur.

5 Comme visible figure 5, pour résister à la pression, la chambre de refoulement 11 comporte des parois 15, 17 renforcées, qui peuvent en outre, constituer un palier de guidage du piston 41.

10 On peut voir sur la figure 5 que l'équipage mobile est tiré en butée 53 par deux ressorts de traction 50 et 51 prenant appui en des points diamétralement opposés de la pièce de liaison 45 de l'équipage mobile. Les deux ressorts 50 et 51 sont de préférence métalliques et sont connectés respectivement à deux fils 52' et 52 d'alimentation 15 électrique et à deux extrémités de la bobine 43. On réalise ainsi une alimentation électrique avantageuse de la bobine d'induit mobile.

20 A la figure 6, on a représenté un sixième mode de réalisation désigné sous l'appellation de gaveur ouvert tirant. En effet, la chambre de refoulement 11 est cette fois disposée de façon non adjacente au transducteur 30 et l'équipage mobile 40 est disposé entre la chambre 11 et le transducteur 30. La bobine d'induit 43 de l'équipage mobile 40 est 25 alors disposée extérieurement à toute chambre 11 ou 14. De façon avantageuse ainsi, le liquide peut ne pas être en contact avec la bobine électrique 43. A contrario, dans le cas où le dispositif est noyé dans le liquide d'un réservoir, l'équipage mobile 30 est directement en contact avec le liquide. L'avantage dans ce cas est l'importance du refroidissement de la bobine. Notons au passage que dans les gaveurs fermés, la bobine est refroidie par le liquide en circulation.

La figure 6 montre que deux paliers 12 et '12' de guidage du piston sont insérés respectivement dans la paroi 17 de la chambre de refoulement 11 et dans l'alésage 13 auprès de l'ensemble mobile 40.

5 La réalisation de gaveur ouvert peut être déclinée selon les diverses variantes de réalisation précédemment décrites et en particulier sous forme de gaveur ouvert poussant.

Notons que sur la figure 6 est représentée la 10 variante de cadre magnétique 30 dans lequel l'aimant permanent est remplacé par un bobinage électrique 36 entourant la pièce polaire 33 centrale, la pièce 33 étant aménagée pour que le bobinage inducteur 36 et la bobine d'induit 43 15 n'entrent pas en contact. Un tel bobinage inducteur peut être prévu en variante sur tous les modes de réalisation. Le bobinage inducteur du circuit magnétique 30 peut être disposé autour de la pièce polaire 33 ou à un autre niveau du circuit 20 magnétique 30, notamment à la place des aimants 31 du noyau magnétique.

Le bobinage 36 a un rôle d'excitation électro-motrice sur la bobine mobile 43. Le bobinage inducteur 36 peut notamment être alimenté par un 25 courant électrique continu pour obtenir une excitation statique.

L'avantage essentiel du remplacement de 30 l'aimant par un bobinage inducteur 36 est la réduction importante de l'encombrement et du poids du transducteur 30, comme le montre la figure 6.

Un autre avantage du bobinage inducteur 36 est qu'il permet une modulation supplémentaire de la commande électrique du dispositif.

Enfin, la figure 7 illustre un septième mode de réalisation particulièrement original désigné sous l'appellation de gaveur ouvert symétrique. Ce dispositif de la figure 7 comporte deux chambres 11 et 11' de refoulement dans lesquelles pénètrent respectivement les deux extrémités 23 et 23' du piston tubulaire 41. Comme le liquide est refoulé d'une part à l'extrémité 23 et à l'extrémité 23' selon la phase d'aller ou de retour du piston, l'admission du liquide est rendue possible par le percement d'ouvertures 25 dans la paroi tubulaire 24 du piston 41. La ou les ouvertures 25 sont de préférence prévues dans une partie centrale et mettent en communication le creux 24 du piston tubulaire avec une zone d'admission 14 ou une éventuelle chambre d'admission de liquide. Les ouvertures 25 ont avantageusement une forme de sifflet s'étendant longitudinalement au piston 41. De préférence, l'équipage mobile 40 est disposé en dehors des chambres de refoulement 11, 11' et en dehors de la chambre (ou zone) d'admission 14 justifiant ainsi l'appellation de gaveur ouvert.

Le septième mode de réalisation de dispositif selon l'invention a l'avantage de permettre l'alimentation de deux circuits avals à partir d'un seul réservoir et surtout à l'aide d'un seul transducteur. En particulier, le dispositif de gaveur ouvert symétrique dose avantageusement des quantités égales de liquide dans chaque circuit aval. Ce mode de réalisation est particulièrement avantageux pour l'alimentation de chambres de moteur à combustion. En effet, l'encombrement des dispositifs d'exhaustion est réduit et chaque

dispositif symétrique permet une alimentation équilibrée de deux cylindres.

La figure 10 illustre un premier exemple d'application de dispositif selon l'invention au pompage de carburant dans lequel le dispositif 100 est directement plongé dans un réservoir 200. L'admission se fait alors directement au niveau du réservoir. Les modes de réalisation illustrés aux figures 1, 2, 3, 4, 6 et 7, dans lesquelles la construction de la chambre d'admission 14 est esquissée (pour adapter une crête 26), conviennent particulièrement à ce premier exemple d'application.

La pompe alimente un circuit de carburant sur lequel est intercalé un filtre 300 et une rampe d'injection. Sur la figure 10 on voit que la rampe alimente un injecteur qui peut être une électrovanne, pulvérifiant le carburant dans une tubulure d'admission 400. Le mélange est donc effectué en amont de la soupape d'admission d'une chambre de combustion du moteur 1000.

Avec une telle mise en œuvre, on peut moduler électroniquement le débit et la pression de carburant qui seront avantageusement adaptés aux besoins de l'injection. Un calculateur électronique est avantageusement prévu pour adapter la commande aux besoins.

Un autre avantage essentiel d'une telle mise en œuvre est la suppression des circuits classiques de retour de trop plein de carburant, nécessaires avec les pompes classiques à débit fixe. On notera, de plus, que la rampe d'injection peut être réalisée de façon très simple, puisqu'on supprime

le régulateur de pression qui sert à évacuer le trop plein de liquide.

La figure 11 illustre un second exemple d'application de dispositif selon l'invention dans lequel le dispositif 500 est directement monté sur la chambre de combustion du cylindre de moteur 1000 pour obtenir une injection directe. Le circuit d'alimentation en amont du dispositif 500, peut être un circuit classique de pompage ou, alternativement, le circuit d'alimentation 100, 200, 300 de la figure 10. On peut même prévoir que le dispositif exhausteur 500 préleve directement le carburant dans le réservoir par l'intermédiaire d'une sonde. Les modes de réalisation de dispositif injecteur illustrés aux figures 2, 3, 6, 7 et en particulier celui de la figure 5, conviennent bien à ce second exemple d'application.

Avec une telle mise en oeuvre du dispositif en tant qu'injecteur, on peut avantageusement moduler la pression, le volume élémentaire et les lois temporelles d'injection (instant et durée d'injection, progressivité de la pression et du débit, stratification du mélange dans la chambre).

Un avantage d'une telle mise en oeuvre est la simplification du circuit de carburation.

L'avantage essentiel de ce second exemple d'application est la possibilité de monter le dispositif au plus près des cylindres de moteur 1000 et de faire de l'injection directe. Cette possibilité avantageuse de montage est permise par la taille réduite du dispositif selon l'invention comparée à la taille des pompes classiques.

Un avantage particulier est que le mouvement alternatif du piston de l'équipage mobile du

dispositif permet de couper brusquement l'injection sans les phénomènes de goutte connus sur les injecteurs classiques.

Les applications du dispositif selon 5 l'invention sont multiples. On peut par exemple appliquer le dispositif d'exhaustion au pompage d'huile de lubrification, au pompage de liquide de refroidissement, comme au pompage de liquide lave-glace. Outre les applications automobiles, le 10 dispositif et le procédé de commande selon l'invention peuvent être mis en oeuvre dans des applications domestiques, alimentaires ou médicales. Par exemple, le dispositif convient à 15 l'injection de combustible liquide dans une chaudière. Le dispositif peut également être utilisé comme surpresseur en ligne sur une conduite d'eau domestique. Le dispositif peut encore servir avantageusement de pompe d'exhaure et de vaporisation d'un percolateur ou d'un appareil 20 ménager similaire. De préférence, pour une application alimentaire ou médicale, pour dissocier la circulation du liquide de la partie motrice, on choisira une variante de réalisation avec des 25 membranes 54 et 54', telles qu'illustrées sur la figure 6.

On notera que les avantages de miniaturisation, d'efficacité en pression élevée et de souplesse de commande conviennent particulièrement à de telles applications.

30 La présente invention se rapporte également à un procédé de fabrication d'un transducteur électrodynamique, notamment fluidique ou acoustique, tel que décrit ci-dessus et comprenant un équipage mobile 40 de faible inertie.

Selon un premier exemple d'application du procédé selon l'invention, l'équipage mobile objet de l'invention et représenté sur les figures 12 à 25 se rapporte à un transducteur électrodynamique 5 entrant dans la constitution d'un système de pompage de liquide permettant de mettre en circulation ce dernier à une pression ou à un niveau plus élevé, comme par exemple remplir les fonctions de pompes de réservoirs de carburants, de 10 gaveurs surpresseurs en ligne de l'alimentation aux injecteurs, ou même directement d'injecteurs-pompes volumiques de moteurs automobiles.

L'équipage mobile 40 est constitué d'au moins deux pièces fonctionnelles solidaires l'une de 15 l'autre, et dont une première pièce est une bobine électrique 43 destinée à se déplacer, comme expliqué précédemment, par l'effet conjugué d'un courant électrique sur un champ magnétique, et à laquelle est assujettie au moins une seconde pièce 20 coaxiale, en l'occurrence un piston tubulaire 41, creux dans le présent exemple de réalisation, à commander en déplacement rectiligne alternatif.

Comme le montre bien la figure 13, l'assemblage des pièces fonctionnelles 41 et 43 s'effectue par 25 l'intermédiaire d'un élément de liaison commun 45 obtenu par injection d'une matière synthétique et constituant une troisième pièce fonctionnelle, pour l'obtention d'un assemblage combinatoire transfonctionnel. Cette liaison pourra être 30 également obtenue par moulage ou par thermoformage.

Selon le premier exemple de réalisation et comme visible sur les figures 12 et 13, le piston 41 est réalisé à partir d'un tube en aluminium ou en acier, rigoureusement positionné de manière

coaxiale par rapport à la bobine 43, afin d'assurer le guidage ainsi que le centrage rigoureux de celle-ci dans l'entrefer du moteur où elle sera disposée. Les liaisons complètes entre la bobine 43 5 et le piston 41 doivent transmettre de façon rigide les vibrations et les efforts créés par les actions électrodynamiques bobine-moteur.

Selon une représentation schématique, la pièce de liaison 45 est composée d'une couronne cylindrique 49 de section de préférence hydrodynamique, reliée à une autre couronne 48 par plusieurs branches ou rayons 46, en l'occurrence au nombre de quatre, mais ce nombre n'étant pas limitatif.

15 Lors de la mise en oeuvre du procédé de fabrication qui sera décrit ci-après, le support 44 de la bobine 43 et le piston 41 sont emprisonnés respectivement par les couronnes 49 et 48.

20 Une déformation du piston 41 qui se rétreint sous l'action de la pression d'injection, permet d'obtenir une liaison complète, dans le cas des matériaux à faible résistance mécanique tels que l'aluminium ou le plastique.

25 Dans une utilisation dans des types de pompes à faibles caractéristiques mécaniques et hydrauliques à faible pression, la précision du débit ou de la pression est moins importante.

30 L'élément de liaison 45 constituant la troisième pièce fonctionnelle est réalisé par injection d'une matière thermoplastique ou thermodurcissable, dans une empreinte 106 d'un moule 107 formé globalement d'une partie fixe 107c et de deux tiroirs 107a, 107b mobiles, la partie fixe 107c et les tiroirs 107a et 107b définissant

entre eux un plan de joint 108 de part et d'autre duquel sont réalisées des demi-empreintes 106a, 106b.

5 De cette empreinte est issu d'une part le support 44 de la bobine électrique 43 constituant la première pièce à assembler, et d'autre part l'élément coaxial 41 à commander, c'est-à-dire le piston, constituant la seconde pièce à assembler.

10 Le positionnement relatif du support 44 de bobine 43 constituant la première pièce, par rapport à l'élément coaxial 41 constituant la seconde pièce, s'effectue par l'intermédiaire d'un noyau cylindrique mobile 109 constituant une partie 15 axiale d'injection du moule 107, dont des parties d'extrémité contribuent à former l'empreinte 106, et sur la surface latérale périphérique 109a duquel noyau 109 est disposé ledit support 44 de bobine 43 dont la longueur L est supérieure à celle L' du noyau 109, de manière qu'après être mis en butée 20 contre un épaulement arrière 110 de celui-ci, il débouche librement dans l'empreinte 106 dans laquelle est disposé, également préalablement au moulage, l'élément coaxial 41 constituant la seconde pièce à solidariser de la première.

25 Le positionnement relatif du piston 41 constituant la seconde pièce par rapport d'une part à l'élément de liaison 45, constituant la troisième pièce, et par rapport d'autre part à la bobine 43, est obtenu par l'intermédiaire d'un canal coaxial 30 111 traversant axialement le noyau 109 constituant la partie d'éjection du moule 107 et/ou une partie d'injection fixe 107c du moule 107, pour déboucher ou traverser l'empreinte 106 perpendiculairement à

son plan, préalablement au moulage de l'élément de liaison 45.

Le support 44 de bobine 43 est constitué par un manchon de diamètre correspondant au noyau 109 5 formant la partie d'éjection du moule et il est rapporté sur celui-ci préalablement au moulage de l'élément de liaison 45 et avant la fermeture des deux tiroirs perpendiculaires 107a, 107b constituant les parties mobiles du moule 107.

10 La bobine électrique 43 est positionnée sur son support 44 à l'extrémité opposée à celle débouchant dans l'empreinte 106.

15 Le moule étant ensuite refermé par déplacement des tiroirs 107a, 107b et du noyau 109, vers la partie fixe 107c dudit moule, l'injection de matière s'effectue de manière axiale en un ou plusieurs points par l'intermédiaire de canaux d'injection 112.

20 Bien entendu et comme le montre la figure 16, l'injection de matière dans le moule peut également s'effectuer de manière radiale en un ou plusieurs points par l'intermédiaire de canaux d'injection 113.

25 Cette même figure 16 montre un moule différent des précédents en ce qu'il est constitué par deux parties hémicylindriques 107A, 107B aptes à se déplacer à la manière de tiroirs dans une direction perpendiculaire à l'axe longitudinal de l'ensemble et dans lesquels sont réalisés les canaux 30 d'injection 113. Egalement deux noyaux mobiles 109A, 109B susceptibles de se déplacer axialement permettent le positionnement relatif des deux éléments à assembler et participent à la forme intérieure de l'empreinte 106 tout en étant

maintenus par les éléments 107A, 107B du moule, qui participent à la forme extérieure de l'empreinte 106.

5 Quel que soit le cas de figure retenu, le procédé de fabrication s'effectue selon les étapes suivantes :

- étape I : introduction du tube dans les noyaux mobiles 109 ou 109A, 109B,

10 - étape II : introduction du support 44 de bobine 43 sur le noyau mobile 109 ou 109A,

- étape III : fermeture du moule 107 formé des parties 107a, 107b, 107c, ou par les parties 107A, 107B,

15 - étape IV : introduction de la matière synthétique et action de moulage,

- étape V : ouverture du moule 107,

20 - étape VI : éjection de l'équipage mobile 40 formé par le tube 41, la bobine 43 et l'élément de liaison 45, et éventuellement du noyau mobile dans les cas nécessitant une conformation de l'équipage mobile.

Selon une variante de réalisation représentée sur la figure 15, les deux tiroirs mobiles 107a, 107b du moule 107 comportent un épaulement périphérique 114 s'étendant axialement jusqu'à la bobine 43, préalablement disposée sur son support 44, de manière à renforcer celui-ci par extension axiale de l'élément de liaison 45, lors du moulage.

30 Selon une variante de réalisation non représentée, les deux tiroirs mobiles 107a, 107b du moule 107 comportent un double épaulement périphérique 115 et 116 dont l'un 115 situé du côté de l'empreinte 106 permet une extension axiale de l'élément de liaison 45 qui y est formée et dont

l'autre 116 d'un diamètre plus petit, est destiné  
au logement de la bobine 43 à distance du noyau 109